

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИАЛЬНОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ И ГАЗА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ**

### **Аннотация**

*Доменная печь является непрерывно действующим агрегатом шахтного типа противоточного действия, большого размера, в котором происходит преобразование железорудных материалов в жидкий чугун методом восстановления и плавления.*

*Главной целью нынешней технологии доменной плавки является организация работы, которая сможет обеспечить увеличение по времени кампании, повышение производительности печи и снижение расхода топлива.*

*Данная статья посвящена разработке программного обеспечения для оценки радиальной неравномерности распределения материалов и газов в доменной печи, которое оказывает существенное влияние на работу доменной печи. Программа является дополнением к уже существующей системе контроля и управления доменной плавкой и предназначено для инженерно-технологического персонала доменных печей ОАО «ММК».*

*Основными функциями программного обеспечения являются: отображение результатов расчетов и диагностик неравномерности радиального распределения, отображение статистической зависимости технико-экономических показателей плавки (производительности, удельного расхода топлива, степени использования восстановительного и теплового потенциала газового потока, интенсивности плавки) от критериев радиальной неравномерности, сопоставительный анализ работы печи за несколько заданных периодов работы печи.*

*Ключевые слова: программное обеспечение, доменная печь, температура газа, «ММК», база данных.*

### **Abstract**

*A blast furnace is a continuously operating unit of mine type of counterflow actions, a large size, which is the conversion of iron ore materials in liquid pig iron method of reduction and smelting.*

*The main purpose of this blast smelting technology is the organization of work, which will ensure the increase over time of the campaign, increase productivity of the furnace and a fuel consumption reduction.*

*This article is devoted to the development of the software for evaluation radial non-uniformity of distribution of materials and gases in the blast furnace, which has a significant impact on the operation of the blast furnace. The program is in addition to the already existing system of control*

*and management of the domain of the heat, which is meant for engineering and technical personnel blast furnaces OJSC «ММК».*

*The main functions of the software are: display of results of calculations and diagnostics of radial non-uniformity of distribution, display statistical dependence of technical and economic indicators of melting (performance, fuel consumption, degree of use of restorative and heat capacity of the gas stream, the intensity of the heat) from the criteria radial non-uniformity, the comparative analysis of work of the furnace for some preset periods of work of the furnace.*

*Keywords: software, blast furnace, gas temperature, «ММК», database.*

В настоящее время возрастает роль рациональной организации противотока шихты и газа с целью максимального использования теплового и восстановительного потенциалов печных газов, как главного условия повышения технико-экономических показателей работы доменных печей. Существенное влияние распределения материалов и газов по радиальному сечению и периферии на ход доменной печи требует непрерывного контроля, позволяющего своевременно обнаружить отклонения от нормы и принять меры к его исправлению. Характер распределения материалов и газов на интенсивность доменной плавки и относительный расход кокса не однозначны. При прочих равных условиях более равномерному распределению сопутствует лучшее использование энергии газов и, как следствие, меньший расход кокса, но при этом неизбежно снижается интенсивность плавки.

Таким образом, основной задачей управления ходом доменной плавки, кроме обеспечения выплавки чугуна заданного состава, является определение и поддержание оптимальной, наиболее выгодной в экономическом отношении степени неравномерности распределения шихты и газов, обеспечивающей достаточную производительность и экономное расходование топлива.

Целью настоящей работы является разработка программного обеспечения для оценки неравномерности распределения материалов и газов. Программа является дополнением к уже существующей системе контроля и управления доменной плавкой и предназначено для инженерно-технологического персонала доменных печей ОАО «ММК».

Прямое измерение распределения рудной нагрузки и газа технологически не осуществимо. В настоящее время в практике доменного производства в качестве косвенных показателей используют либо по распределению  $\text{CO}_2$ , либо температуры в поперечном сечении колошника. При этом принято допущение, что распределение рудной нагрузки пропорционально содержанию  $\text{CO}_2$  и обратно пропорционально распределению температур [1–3]. Анализ уравнений, описывающих стационарный теплообмен в вертикальных участках плотного слоя шихтовых материалов, показывает, что характер температурного поля определяется отношением теплоемкостей потоков шихты и газа. По данным измерений распределения температур газа на двух горизонтах шахты, решая обратную задачу теплообмена в противоточно движущемся плотном слое, можно определить распределение отношения теплоемкостей потоков шахты и газа в верхней части шахты печи температур [4–5].

Функциональное моделирование выполнено по стандарту IDEF0 (Integrated computer aided manufacturing DEfinition), который является развитием методики SADT (Structural Analysis and Design Technique) [6]. Использование методики IDEF0 позволило создать функциональную структуру информационно-моделирующей системы, выявить производимые действия и связи между этими действиями, управляющие воздействия и механизмы выпол-

нения каждой функции, что, в конечном итоге, позволило на ранней стадии проектирования предотвратить возможные ошибки. Реализация выполнена с помощью CASE-средства AllFusion Process Modeler (BPwin) [7].

Создание алгоритмического обеспечения, спецификаций расчетных блоков произведено на основе диаграмм потоков данных (Data Flow Diagram, DFD), адаптированных для отображения математических зависимостей (расчетных блоков) [17]. Нотация метода DFD предполагает разбиение математической модели на отдельные функциональные компоненты (процессы) и представление их в виде сети, связанной потоками данных. Главная цель использования нотации DFD – продемонстрировать, как каждый процесс преобразует свои входные данные в выходные, а также выявить отношения между этими процессами. На рис. 1 продемонстрирована архитектура программного обеспечения, в которой выделены основные компоненты ее программной реализации.

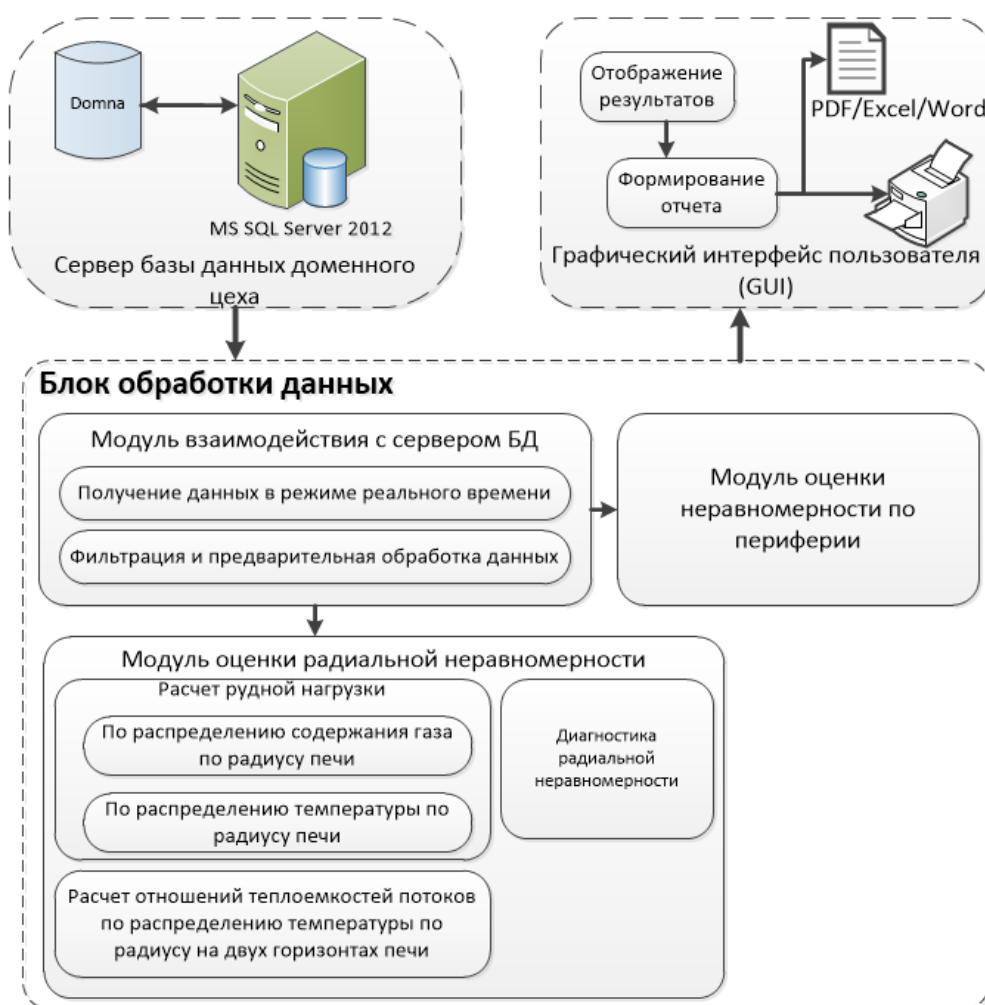


Рис. 1. Архитектура программного обеспечения

Представленная архитектура обеспечивает заданную функциональность, выполнение требований предметной области, относительно простое расширение и изменение системы, возможность автономной реализации отдельных программных модулей и их независимость от структуры хранения данных. Программа имеет модульную структуру, среда разработки – MS Visual Studio Pro 2012. В качестве языка программирования был выбран C#. [8]. Основными компонентами расчетного модуля являются программные динамически подключаемые

библиотеки. Для более удобного хранения и обработки информации была разработана база данных. Для создания структуры таблиц базы данных и хранимых процедур была выбрана система управления базами данных MS SQL Server 2012. Предусмотрено создание пакетов Reporting Services для отображения в численном и графическом виде отчетных показателей, выполненных в среде Business Intelligence Development Studio, входящей в состав MS SQL Server 2012. На диаграмме предусмотрена возможность отображения нескольких линий трендов во времени для сравнения динамики изменения основных измеренных и расчетных показателей. Предусмотрена система отображения показателей в Web-браузере.

Графический интерфейс программы обеспечивает:

- Выбор номера печи и периодов усреднения информации.
- Отображение схемы расположения горизонтов по высоте и радиусу печи для измерений распределения температур газа и содержания в нем диоксида углерода.
- Выбора метода оценки неравномерности распределения:
  - по распределению температур газа;
  - по распределению содержания  $\text{CO}_2$ ;
  - по измерениям температур газа на двух горизонтах шахты.
- Отображение результатов расчетов и диагностик неравномерности радиального распределения.
- Отображение статистической зависимости технико-экономических показателей плавки (производительности, удельного расхода топлива, степени использования восстановительного и теплового потенциала газового потока, интенсивности плавки) от критериев радиальной неравномерности.
- Сопоставительный анализ работы печи за несколько заданных периодов работы печи.

Предусмотрен блок «Настройки», обеспечивающий корректировку нормативно-справочной информации, коэффициентов настройки математической модели и критериев оценки неравномерности распределения материалов и газов, а также блок «Справка», в которой дано описание алгоритма оценки параметров, инструкция для пользователя программного продукта.

Отображение оценки радиальной неравномерности по заданному периоду изображено на рис. 2, а тренды изменений показателей термопар по радиусу представлены на рис. 3.

В работе сформулированы дальнейшие направления исследований, предусматривающие:

- Расчет распределения параметров шихты и газа в верхней части печи: насыпной массы шихты, железорудных материалов; эквивалентных диаметров и порозности слоев кокса, агломерата и окатышей. По данным измерений верхнего перепада давлений расчет расход, скорость движения газа и степень уравнивания шихты газом по радиусу шахты печи.
- Оценку неравномерности распределения параметров шихты и газа по окружности в верхней части доменной печи (окружная неравномерность) по данным измерений температур по окружности печи и в газоотводах.

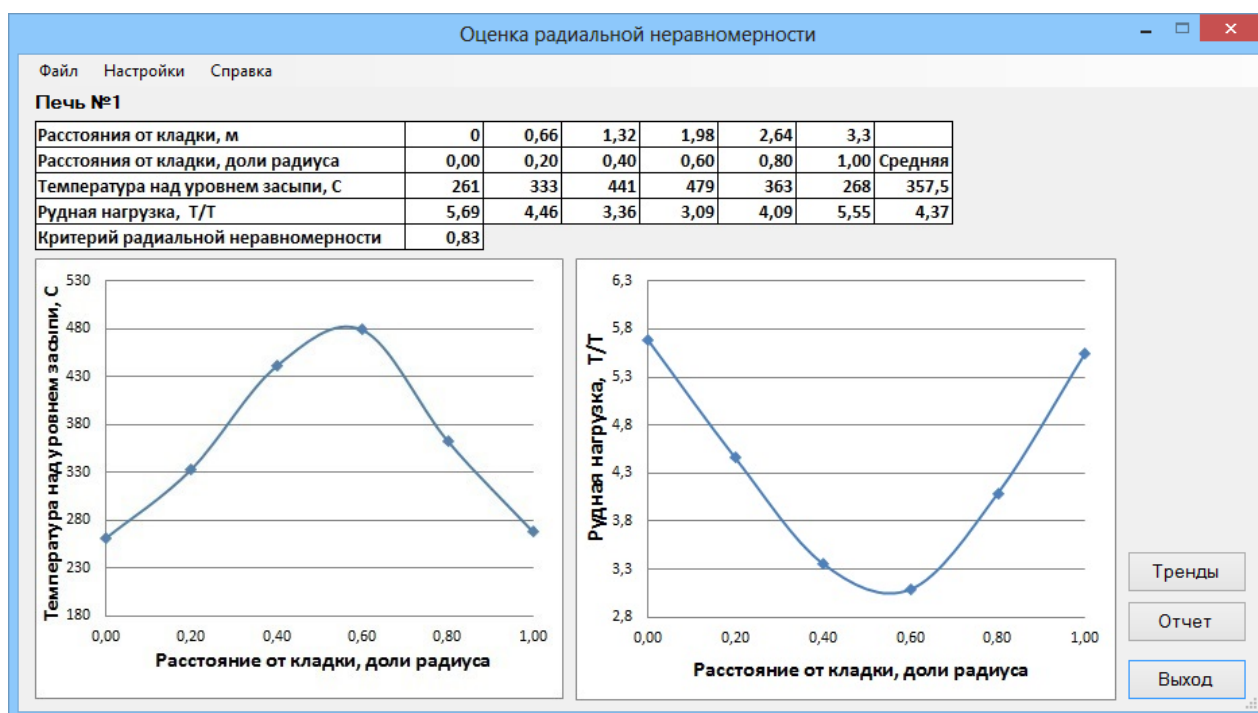


Рис. 2. Оценка неравномерности распределения материалов по радиусу печи по данным измерения температур газа над уровнем засыпи

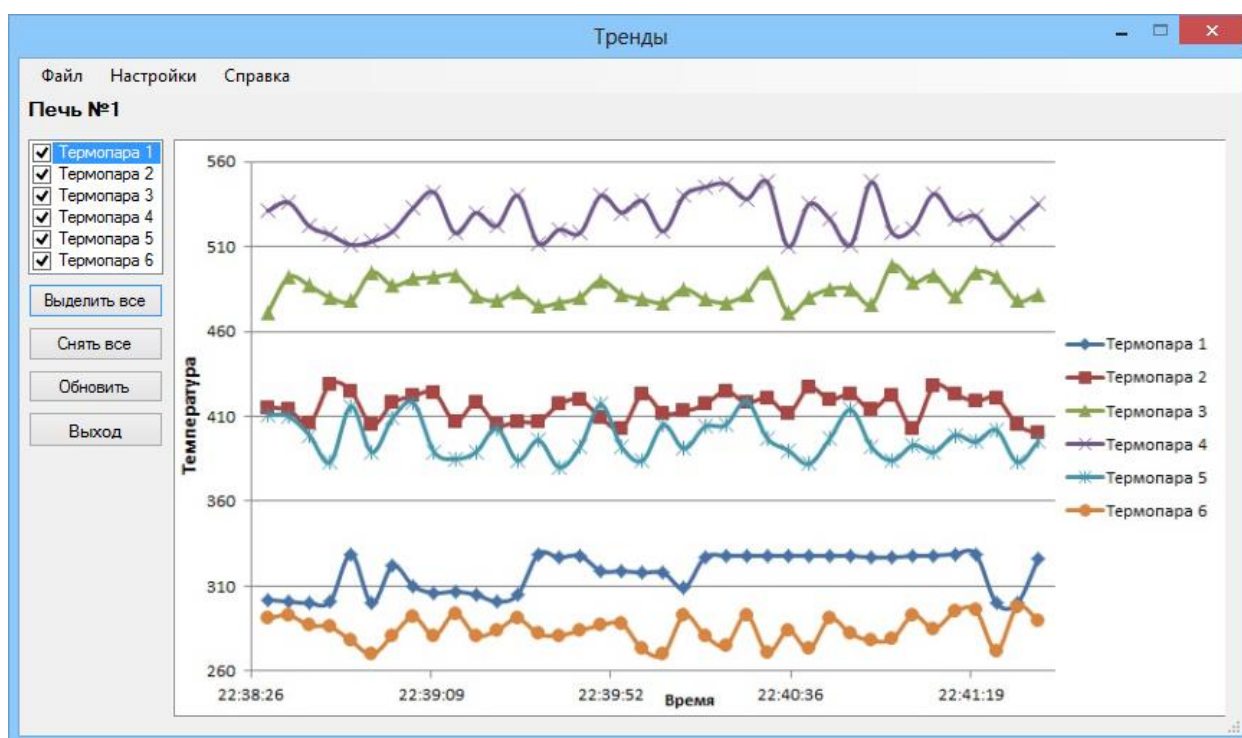


Рис. 3. Тренды температур газа над уровнем засыпи

### Список использованных источников

1. Юсфин Ю. С. Металлургия чугуна / под ред. Ю. С. Юсфина. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. — 774 с.
2. Гиммельфарб А. А., Ефименко Г. Г. Автоматическое управление доменным процессом. — М.: Металлургия, 1969. — 309 с.

3. Товаровский И. Г., Большаков В. И., Меркулов А. Е. Аналитические исследования доменной плавки // Днепропетровск: ЧМП «Экономика», 2011. – 206 с.
4. Спирин Н. А., Овчинников Ю. Н., Швыдкий В. С., Ярошенко Ю. Г. Теплообмен и повышение эффективности доменной плавки. Екатеринбург: УГТУ, 1995. – 243 с.
5. Спирин Н. А., Лавров В. В., Рыболовлев В. Ю., Краснобаев А. В., Онорин О. П., Косаченко И. Е. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки металлургии / под ред. Н. А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 462 с.
6. Одинцов И. О. Профессиональное программирование. Системный подход. 2-е изд. перераб. и доп. – СПб: БХВ-Петербург, 2004. – 624 с.
7. Дубейковский В. И. Эффективное моделирование с СА ERwin Process Modeler (BPwin; AllFusion Process Modeler). – М.: Диалог-МИФИ, 2009. – 384 с.
8. Троелсен Э. Язык программирования C# 2010 и платформа .NET 4.0. Совершите увлекательное путешествие по вселенной .NET. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 1392 с.

УДК 669-5

**А. В. Фролов, С. П. Трофимов**

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## **ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ JDOM-ФУНКЦИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ JAVA И ПРИЛОЖЕНИЙ MICROSOFT НА ПРИМЕРЕ EXCEL**

### **Аннотация**

*В настоящее время актуальными являются проблемы взаимодействия программ, написанных на разных языках программирования. Как, например, из Visual Basic вызвать функции некой DLL, написанной на C. Также необходимо обеспечивать взаимодействие между различными приложениями. В данном докладе рассматривалось взаимодействие Java-приложений и табличного процессора Excel, особенно популярном в образовательном пространстве. Данная проблема решалась в ходе написания курсового проекта «Использование JDOM-функций для работы с научными данными в XML-документах на языке Java». В результате работы была написана программа на языке Java, взаимодействующая посредством XML-файлов с табличным процессором Excel. Программа решает задачу оптимизации и записывает результаты ее решения в другой XML-файл. Для решения задачи оптимизации в Excel использовался сервис «Поиск решения», вызов которого из программы на Java реализован в виде vbs-скрипта.*

*Ключевые слова:* программа, взаимодействие, приложение, макрос, «Поиск решения», XML (расширяемый язык разметки), Excel, DOM (объектная модель документа), Java, VBS (Visual Basic Script), JDOM (Java DOM).